

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **239207**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428511**

(22) Data zgłoszenia: **08.01.2019**

(51) Int.Cl.

G01C 19/10 (2006.01)

G01C 9/06 (2006.01)

H01H 35/02 (2006.01)

(54) **Dyskretny czujnik odchylenia od pionu oraz sposób określania odchylenia od pionu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

13.07.2020 BUP 15/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

15.11.2021 WUP 33/21

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**SERGIUSZ ŁUCZAK, Czarny Las, PL
MICHAŁ WŁADZIŃSKI, Warszawa, PL
ANNA JODKO-WŁADZIŃSKA, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Oliwia Czarnocka

PL 239207 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest dyskretny czujnik odchylenia od pionu, oraz sposób określania odchylenia od pionu.

Istniejące wyłączniki stykowe nie nadają się do precyzyjnej detekcji i pomiaru odchylenia od pionu z uwagi na małą czułość, skomplikowaną budowę, pomiar w podzakresach nieobejmujących pełnego kąta bryłowego, lub nie umożliwiają podziału pełnego kąta bryłowego na dwadzieścia równomiernych podzakresów. Podział pełnego kąta bryłowego na dwadzieścia równomiernych podzakresów jest bardzo korzystny w specyficznych zastosowaniach ze względu na prostotę interpretacji sygnału z czujnika odchylenia od pionu.

Przedmiotem polskiego zgłoszenia patentowego nr P.426301 jest czujnik odchylenia od pionu mający graniasty korpus i zaopatrzony w ruchomy element, wykonany z materiału przewodzącego prąd elektryczny umieszczony w przestrzeni ograniczonej przez zestaw elektrod. W zgłoszeniu ujawniono zestaw elektrod obejmujący elektrodę górną i dolną umieszczone naprzeciw siebie oraz zestaw przynajmniej trzech elektrod bocznych, tworzących układ ścian graniastostłupa foremego. Takie rozwiązanie pozwala dobrze oznaczyć kierunek odchylenia od pionu za pomocą sposobu określania odchylenia od pionu ujawnionego w tym samym zgłoszeniu. Jednak pozwala na wykrycie kierunku odchylenia od pionu jedynie w ośmiu równomiernych podzakresach, odpowiadających możliwym ośmiu stabilnym położeniom elementu ruchomego w jednym z rogów sześciianu. Poza tym, zaproponowana w tym zgłoszeniu metoda detekcji odchylenia od pionu, bazująca na rozpoznawaniu stanów logicznych na poszczególnych elektrodach bocznych, jest bardzo wrażliwa na zanieczyszczenia powierzchni stykowej elektrod oraz elementu ruchomego, powodujące zmianę ich rezystancji elektrycznej.

Celem wynalazku jest zapewnienie czujnika odchylenia od pionu, który dzieli pełny kąt bryłowy na dwadzieścia równomiernych podzakresów i umożliwia stykowe określenie kierunku odchylenia od pionu cechując się małą wrażliwością na zanieczyszczenia powierzchni stykowej elektrod oraz elementu ruchomego.

Dyskretny czujnik odchylenia od pionu zaopatrzony w korpus i znajdujący się w nim ruchomy element o sferycznej powierzchni przewodzącej prąd elektryczny umieszczony w przestrzeni ograniczonej przez zestaw elektrod obejmujący elektrodę górną i elektrody boczne górne w górnej podstawie korpusu oraz elektrodę dolną i elektrody boczne dolne w dolnej podstawie korpusu, których osie symetrii przechodzą przez środki ścian dwunastościanu foremego, a odstęp między sąsiadującymi elektrodami są mniejsze od średnicy ruchomego elementu, natomiast powierzchnie stykowe elektrod umieszczonych naprzeciw siebie są rozstawione na odległość większą od średnicy ruchomego elementu i są gładkie, zgodnie z wynalazkiem cechuje się tym, że korpus ma zasadniczo cylindryczny kształt i zawiera część dolną z rozmieszczonymi równomiernie na obwodzie otworami, mieszczącymi pięć elektrod bocznych dolnych oraz część górną, z rozmieszczonymi równomiernie na obwodzie otworami mieszczącymi pięć elektrod bocznych górnych. Elektrody boczne górne i elektrody boczne dolne są rozmieszczone naprzemiennie na obwodzie korpusu. Natomiast odstęp między sąsiadującymi elektrodami są mniejsze od średnicy ruchomego elementu.

Korzystnie sąsiadujące ze sobą elektrody boczne są połączone ze sobą oraz z elektrodą górną i dolną za pomocą układu rezystorów o różnych wartościach lub są zwarte wyłącznie przez ruchomy element.

Korzystnie co najmniej jedna z elektrod jest wypukła.

Sposób określania odchylenia od pionu cechuje się tym, że stosuje się czujnik według wynalazku, dokonując pomiaru rezystancji elektrycznej za pomocą rezystorów pomiędzy zaciskami pomiarowymi połączonymi z elektrodą górną i dolną, łączonymi elektrycznie za pomocą układu rezystorów o różnych wartościach.

Przedmiot wynalazku został ukazany w przykładach wykonania na rysunku, na którym:

Fig. 1a przedstawia otwartą dolną część korpusu czujnika według wynalazku z widocznym ruchomym elementem oraz kołkiem ustalającym, Fig. 1b przedstawia otwartą dolną część korpusu czujnika według wynalazku z zamontowanymi elektrodami, Fig. 1c przedstawia czujnik według wynalazku z dolną częścią korpusu zamkniętą górną częścią korpusu, Fig. 2 przedstawia schematycznie mechanizm zwierania elektrod przez element ruchomy, Fig. 3 przedstawia oznaczenia poszczególnych ścian dwunastościanu odpowiadające oznaczeniom poszczególnych elektrod przyjętych na Fig. 4, Fig. 4 przedstawia przykładowy schemat elektryczny analogowego układu elektrycznego do wykrywania, które z elektrod

są zwarte, natomiast Fig. 5 przedstawia tabelę wartości rezystancji na zaciskach pomiarowych, połączonych z elektrodą górną i dolną za pomocą rezystorów według schematu ukazanego na Fig. 4, przy położeniu elementu ruchomego w wierzchołkach powstałych u zbiegu ścian o kolejnych numerach.

Korpus 1 w przykładzie wykonania czujnika według wynalazku ukazano na Fig. 1c, a jego samą dolną część na Fig. 1a. Korpus ma walcowy kształt. Alternatywnie mógłby to być kształt dwunastościenny lub zbliżony do niego. Korpus jest wykonany z nieprzewodzącego tworzywa sztucznego i składa się z dwóch części: górnej 1b i dolnej 1a.

Na obwodzie części dolnej 1a korpusu wykonano pięć otworów 4a, 4b, 4c, 4d, 4e na elektrody boczne, z których dwa są widoczne na Fig. 1a. Od spodu korpus jest zamknięty na stałe podstawą dolną z płaską i przewodzącą elektrodą dolną 7a, pokazaną na Fig. 1b. Od góry część dolna korpusu 1a jest zaopatrzona w kołek ustalający 8, dzięki czemu można ją odpowiednio złożyć z częścią górną korpusu 1b i znajdującą się na niej elektrodą górną 7b. W tym przykładzie zastosowano połączenie na wcisk. Alternatywnie można stosować inne połączenie rozłączne.

W otworach 4a, 4b, 4c, 4d i 4e wykonanych na obwodzie części dolnej 1a korpusu umieszczone są elektrody 5a, 5b, 5c, 5d i 5e, jak pokazano na Fig. 1b, Fig. 1c i Fig. 2. Analogicznie na obwodzie części górnej korpusu 1b umieszczone są elektrody 6a, 6b, 6c, 6d i 6e, z których trzy są widoczne na Fig. 1c. W przestrzeni 2 wewnątrz korpusu, pomiędzy elektrodami bocznymi i pomiędzy elektrodą górną 7b i dolną 7a znajduje się ruchomy element 3 – kulka ze stali łożyskowej. Alternatywnie można zastosować kulkę ceramiczną pokrytą warstwą przewodzącą prąd elektryczny lub dowolny inny element o sferycznej przewodzącej powierzchni wykonany z przewodzącego materiału odpornego na korozję i ścieranie. Można również zastosować pokrycie ruchomego elementu oraz elektrod warstwą zabezpieczającą, wykonaną z materiału przewodzącego, mało porowatego, gładkiego i odpornego na korozję jak np. złoto, platyna czy iryd.

Po umieszczeniu ruchomego elementu 3 wewnątrz przestrzeni 2 w korpusie dolnym 1a, na korpus dolny wciska się korpus górny 1b z elektrodą górną 7b, odpowiednio ustawiając względem siebie obie części korpusu przy wykorzystaniu kołka 8.

Twardość i gładkość materiału elektrod bocznych oraz górnej i dolnej oraz ruchomego elementu 3 jest istotna z uwagi na możliwość redukcji oporów toczenia, a w konsekwencji wzrost czułości pomiaru.

Odstęp pomiędzy każdą z elektrod położonych naprzeciw siebie, np. górną 7b a dolną 7a, jest nieznacznie większy od średnicy ruchomego elementu. Odstęp pomiędzy każdą z sąsiadujących elektrod bocznych, a także odstęp pomiędzy każdą z elektrod bocznych 5a, 5b, 5c, 5d, 5e a elektrodą dolną 7a oraz każdą z elektrod bocznych 6a, 6b, 6c, 6d, 6e a elektrodą górną 7b i jest mniejszy od średnicy ruchomego elementu 3. Również odstęp pomiędzy każdą z elektrod bocznych dolnych 5a, 5b, 5c, 5d, 5e a sąsiadującymi z nią elektrodami bocznymi górnymi 6a, 6b, 6c, 6d, 6e jest mniejszy od średnicy ruchomego elementu 3.

Dzięki temu, gdy czujnik jest ustawiony pionowo sąsiadujące pary elektrod są od siebie odizolowane, pomijając ich połączenie elektryczne za pomocą układu rezystorów. Każde odchylenie od pionu skutkuje przemieszczeniem się ruchomego elementu 3 i zwarciem za jego pośrednictwem dwóch elektrod bocznych oraz elektrody dolnej, co schematycznie pokazano na Fig. 1b, gdzie elektrody boczne dolne zwierane z elektrodą dolną 7a przez ruchomy element 3 oznaczono jako 5a i 5b. Jeżeli czujnik zostanie obrócony o 180 stopni wówczas dwie elektrody boczne górne zwierają się z elektrodą górną 7b. Przy obrocie czujnika o 90 stopni, co schematycznie pokazano na Fig. 2, dwie elektrody boczne dolne 5a i 5e zwierają się z jedną elektrodą boczną górną 6a. Przy obrocie czujnika o kąt nieco większy niż 90 stopni, dwie elektrody boczne górne zwierają się z jedną elektrodą boczną dolną.

Elektrody górna, dolna i boczne są płaskie lub lekko wypukłe i gładkie, dzięki czemu histereza czujnika jest zredukowana, a jednocześnie zapewnione jest zwieranie w każdej orientacji kątowej czujnika zawsze tylko dwóch sąsiednich elektrod bocznych z elektrodą dolną lub górną, ewentualnie dwóch sąsiednich elektrod bocznych dolnych z jedną elektrodą boczną górną lub jedną boczną dolną z dwiema bocznymi górnymi.

Korpus 1a oraz 1b można wykonać z materiału przewodzącego prąd elektryczny. Wówczas trzeba tylko zapewnić izolację elektrod bocznych 5a, 5b, 5c, 5d, 5e od ścian korpusu 1a oraz elektrod bocznych 6a, 6b, 6c, 6d, 6e od ścian korpusu 1b. Można to zrobić wyściełając otwory tulejami z materiału izolującego. Odizolowanie górnej elektrody od dolnej można zapewnić stosując izolację lub przekładkę izolującą pomiędzy korpusem 1a i 1b.

Czujnik według wynalazku można wykorzystać jako przełącznik, w którym ruchomy element 3 zwierza tylko jeden z obwodów elektrycznych, w zależności od kierunku odchylenia od pionu, pozostałe

zaś obwody pozostawia rozwarte. Wówczas nie stosuje się rezystorów łączących poszczególne elektrody.

Elektrody górna 7b i dolna 7a są połączone ze sobą elektrycznie za pomocą układu szeregowo połączonych rezystorów, jak to przedstawiono na schemacie na Fig. 4. Do każdego z tych rezystorów, podłączone są elektrody, połączone z nimi szeregowo dodatkowymi rezystorami. Elektrody są umieszczone w ścianach bocznych obudowy czujnika. Numery wyprowadzeń na schemacie na Fig. 4 odpowiadają numerom ścian dwunastościanu na Fig. 3, jaki tworzy geometryczna konfiguracja elektrod. Zaproponowany układ elektryczny umożliwia jednoznaczne wyznaczenie wierzchołka czujnika, w którym znajduje się ruchomy element o sferycznej powierzchni.

Detekcja położenia ruchomego elementu w danym wierzchołku odbywa się na podstawie pomiaru wartości rezystancji widzianej od strony zacisków pomiarowych. Element ruchomy znajdujący się w dowolnym wierzchołku spowoduje zwarcie trzech odprowadzeń odpowiadających numerom ścian zbiegających się w danym wierzchołku. Zwarcie wyprowadzeń spowoduje powstanie dodatkowych połączeń w obwodzie (połączenia trójkąt-gwiazda), co wpłynie na wartość rezystancji całego układu. Wartość rezystancji całego układu otrzymana dzięki pomiarowi na zaciskach pomiarowych – Fig. 4 – porównywana jest z wartościami umieszczonymi w tabeli – Fig. 5, Tabela 1. Na tej podstawie można odczytać numery ścian zbiegających się w wierzchołku, w którym znajduje się element ruchomy. Zwarta może być trójka elektrod: trzy boczne 5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 6a, 6b, 6c, 6d, 6e lub dwie boczne z jedną z elektrod górną 7b lub dolną 7a.

Kierunek odchylenia od pionu określa się jako półprostą prostopadłą do płaszczyzny przechodzącej przez trzy punkty styku elementu ruchomego z trzema zwierzanymi ze sobą elektrodami.

Pomiary rezystancji można przeprowadzić dla napięć stałych lub zmiennych. W przypadku zastosowania pomiaru rezystancji z użyciem sygnałów przemiennych o wysokich częstotliwościach można wyeliminować wpływ pasożytniczych pojemności elektrycznych powstałych w połączeniu elektrod i elementu ruchomego, a przez to zwiększyć niezawodność działania czujnika.

Pomiar rezystancji pozwala na określenie zmiany położenia natychmiast po ustaleniu się wyniku pomiaru.

W ukazanej na Fig. 5 Tabeli 1 zestawiono zbiór wartości rezystancji mierzonych na zaciskach pomiarowych przy położeniu elementu ruchomego w wierzchołkach powstałych u zbiegu ścian o kolejnych numerach.

Dzięki zastosowaniu dużych wartości rezystancji wyszczególnionych na Fig. 4 oporników, czujnik cechujące się małą wrażliwością na zanieczyszczenia powierzchni stykowej elektrod oraz elementu ruchomego.

Na Fig. 2 ukazano przekrój perspektywiczny przykładowej realizacji czujnika w wersji z płaskimi elektrodami. Poza elementami przedstawionymi na Fig. 2, dodatkowo wyszczególniono wkręty 9a, 9b, 10a, 11d umożliwiające przymocowanie kabli elektrycznych do każdej z elektrod (wkręty 10b, 10c, 10d, 10e, 11a, 11b, 11c, 11e nie są widoczne). W przedstawionym położeniu, obróconym o kąt 90 stopni względem Fig. 1a, 1b, 1c, element ruchomy 3 zwierza ze sobą elektrody boczne dolne 5a i 5e oraz elektrodę boczną górną 6a.

Znawca na podstawie powyższego opisu jest w stanie rutynowo zaproponować różne konfiguracje i warianty czujnika według wynalazku obejmujące zastosowanie elektrod o określonych kształtach, wykonanych z dostępnych w stanie techniki materiałów o korzystnych właściwościach. Jest również w stanie zaproponować rozkład elektrod bocznych adekwatny do zastosowania. Rutynowo wykona korpusy w różnych kształtach i z różnych materiałów, a także zaproponuje układy logiczne i mikroprocesorowe do odczytywania wskazań czujnika. Jest zatem jasnym, że przedstawione powyżej przykłady ujawniają wynalazek określony załączonymi zastrzeżeniami, nie ograniczając w żaden sposób zakresu ochrony, który z tych zastrzeżeń wynika.

Zastrzeżenia patentowe

1. Dyskretny czujnik odchylenia od pionu zaopatrzony w korpus i znajdujący się w nim ruchomy element (3) o sferycznej powierzchni przewodzącej prąd elektryczny umieszczony w przestrzeni (2) ograniczonej przez zestaw elektrod (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 7a, 7b) obejmujący elektrodę górną (7b) w górnej podstawie korpusu i elektrodę dolną (7a) w dolnej

podstawie korpusu, których osie symetrii przechodzą przez środki ścian dwunastościanu foremego, a odstęp między sąsiadującymi elektrodami są mniejsze od średnicy ruchomego elementu (3), natomiast powierzchnie stykowe elektrod umieszczonych naprzeciw siebie są rozstawione na odległość większą od średnicy ruchomego elementu (3) i są gładkie, korpus ma zasadniczo cylindryczny kształt i zawiera część dolną (1a) z rozmieszczonymi równomiernie na obwodzie otworami (4a, 4b, 4c, 4d, 4e), mieszczącymi pięć elektrod bocznych dolnych (5a, 5b, 5c, 5d, 5e), **znamienny tym**, że w części górnej (1b) posiada rozmieszczone równomiernie na obwodzie otwory mieszczące pięć elektrod bocznych górnych (6a, 6b, 6c, 6d, 6e), przy czym

- elektrody boczne górne i dolne są rozstawione tak, że elektrody boczne górne (6a, 6b, 6c, 6d, 6e) i elektrody boczne dolne (5a, 5b, 5c, 5d, 5e) są na obwodzie korpusu rozmieszczone naprzemiennie, natomiast odstęp między sąsiadującymi elektrodami (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 7a, 7b) są mniejsze od średnicy ruchomego elementu (3).
2. Dyskretny czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sąsiadujące ze sobą elektrody boczne (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 6a, 6b, 6c, 6d, 6e) są połączone ze sobą oraz z elektrodą górną (7b) i dolną (7a) za pomocą układu rezystorów o różnych wartościach lub są zwarte wyłącznie przez ruchomy element (3).
 3. Dyskretny czujnik według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że co najmniej jedna z elektrod (5a, 5b, 5c, 5d, 5e, 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, 7a, 7b) jest wypukła.
 4. Sposób określania wychylenia od pionu, w którym stosuje się czujnik zgodnie z zastrz. od 1 do 3, **znamienny tym**, dokonuje się pomiaru rezystancji elektrycznej za pomocą rezystorów pomiędzy zaciskami pomiarowymi połączonymi z elektrodą górną (7b) i dolną (7a), łączonymi elektrycznie za pomocą układu rezystorów o różnych wartościach.

Rysunki

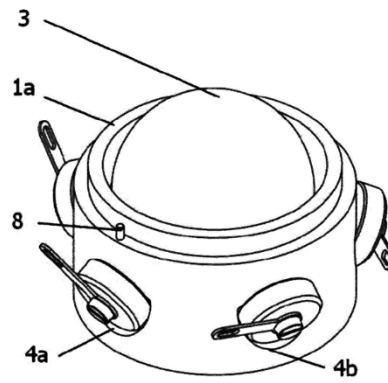


Fig. 1a

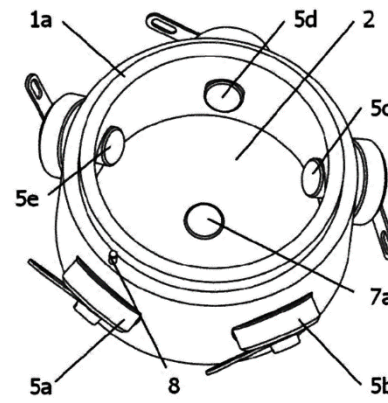


Fig. 1b

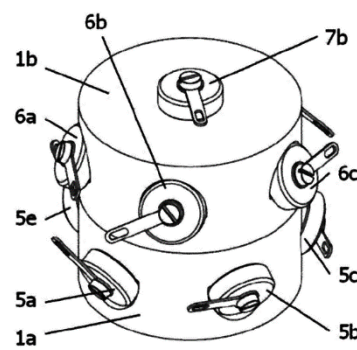


Fig. 1c

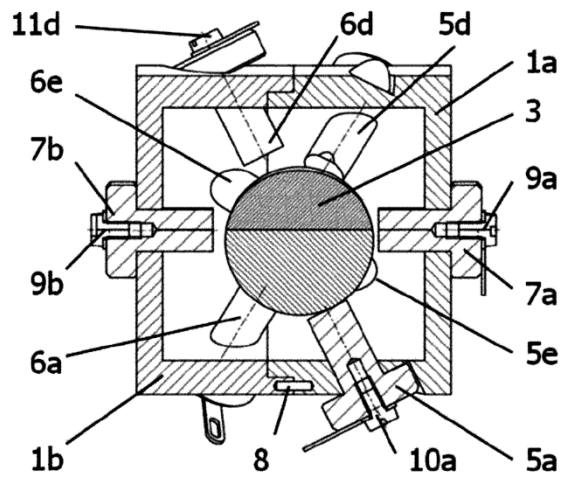


Fig. 2

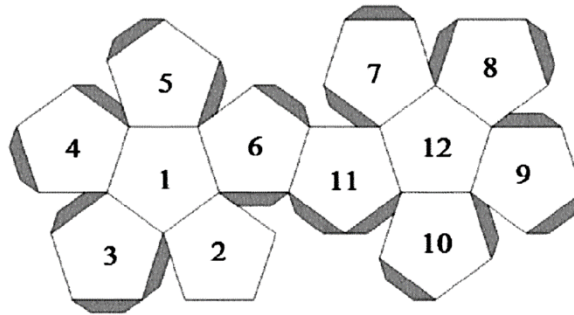


Fig. 3

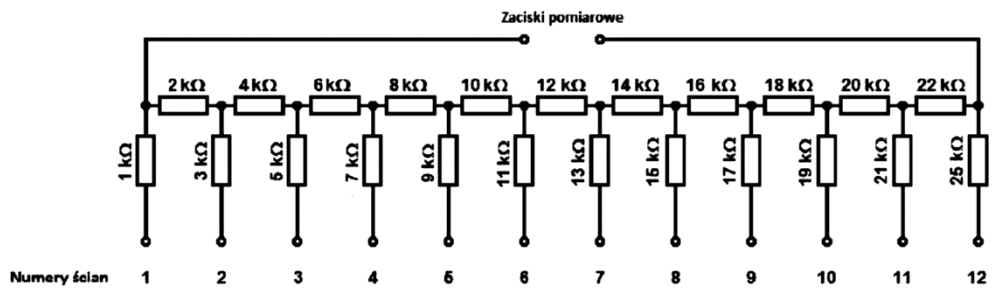


Fig. 4

Tabela 1

L.p.	Numery ścian			Opór [kΩ]
1	1	2	3	129
2	1	3	4	124,5
3	1	4	5	117,9
4	1	5	6	109,3
5	1	6	2	110,6
6	2	3	10	61,38
7	2	6	11	43,44
8	3	4	9	82,2
9	4	5	8	102,5
10	5	6	7	121
11	7	8	5	110
12	8	9	4	87,51
13	9	10	3	63,86
14	10	11	2	39,75
15	11	7	6	74,23
16	12	7	8	68,03
17	12	8	9	81,74
18	12	9	10	96,55
19	12	10	11	111,5
20	12	11	7	66,31

Fig. 5